

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

*[Handwritten signature]*

JC551 U.S. PTO  
09/190831  
11/12/98

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

1997年11月11日

出 願 番 号  
Application Number:

平成 9年特許願第327097号

出 願 人  
Applicant(s):

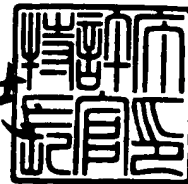
株式会社トプコン

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

1998年10月 9日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

山 佐 建 志



出証番号 出証特平10-3082008

【書類名】 特許願

【整理番号】 P9032117

【提出日】 平成 9年11月11日

【あて先】 特許庁長官 荒井 寿光 殿

【国際特許分類】

【発明の名称】 眼科測定装置

【請求項の数】 4

【発明者】

【住所又は居所】 東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社 トプコン内

【氏名】 三橋 俊文

【発明者】

【住所又は居所】 東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社 トプコン内

【氏名】 林 健史

【特許出願人】

【識別番号】 000220343

【住所又は居所】 東京都板橋区蓮沼町75番1号

【氏名又は名称】 株式会社 トプコン

【代表者】 鹿毛 創一郎

【代理人】

【識別番号】 100089967

【住所又は居所】 東京都千代田区神田駿河台1-5-6 コトー駿河台5  
13

【弁理士】

【氏名又は名称】 和泉 雄一

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9304222

【書類名】 明細書

【発明の名称】 眼科測定装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1波長の光束を発する第1光源と、該第1光源からの第1照明光束で被検眼角膜曲率中心付近に集光する様に照明するための第1照明光学系と、被検眼角膜から反射した前記第1照明光束を受光し第1受光部に導くための第1受光光学系と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換する第1変換部材と、該第1変換部材で変換された複数の光束を受光する第1受光部と、第2波長の光束を発する第2光源と、第2光源の第2照明光束で所定のパターンの指標を被検眼角膜に投影する第2照明光学系と、被検眼角膜で反射された第2照明光束を受光し、第2受光部に導くための第2受光光学系と、第2受光光学系からの第2照明光束を受光する第2受光部と、第1受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の中心付近の角膜形状を求め、第2受光部からの第2照明光束の受光位置に基づき被検眼の周辺部の角膜形状を求める演算部とから構成される眼科測定装置。

【請求項2】 前記第2照明光学系は、前記記所定のパターンの指標として複数の同心輪帯からなるプラチドリングを投影する様に構成され、前記第2受光光学系は、対物レンズを含み、その対物レンズの物側焦点位置にテレセントリック絞りを配置している請求項1記載の眼科測定装置。

【請求項3】 前記第1受光光学系の受光する第1照明光束の被検眼角膜近傍での第1照明領域と、前記第2受光光学系の受光する第2照明光束の被検眼角膜近傍での第2照明領域とが、隣接しているか又は重なり合っている様に構成されている請求項1又は2記載の眼科測定装置。

【請求項4】 更に、前記第1波長及び前記第2波長と異なる波長の第3波長の光束を発する第3光源と、該第3光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための第3照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導くための第3受光光学系と、該反射光束を少なくとも17本のビームに変換する第2変換部材と、該第2変換部材で変換された複数の光束を受

光する第3受光部とを備え、前記演算部が、第3受光部で得られた光束の傾き角に基づいて、被検眼の光学特性を求める様に構成されている請求項1～3の何れか1つに記載の眼科測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、被検眼の角膜形状を測定する眼科測定装置に関わり、特に被検眼の角膜形状を広い範囲で、かつ重要な中心付近をより精密に測定できる眼科測定装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来の角膜形状測定装置は、指標を投影し、その指標の結像位置を求め角膜形状を測定する装置が知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

本出願人は、角膜形状測定を波面センサで行う技術を開発し、既に出願しているが、波面センサで被測定眼角膜を広い範囲で測定するには、非常に大きな口径の測定光学系を必要とする問題点がある。

【0004】

そこで本発明は、より重要な中心部を波面センサにより精密に測定し、周辺部に関しては複数の同心円状の光束を投影し、その反射光束を受光し、受光位置から被検眼角膜形状を測定することのできる眼科測定装置の提供を目的としている。

【0005】

【課題を解決するための手段】

本発明は上記課題に鑑み案出されたもので、第1波長の光束を発する第1光源と、該第1光源からの第1照明光束で被検眼角膜曲率中心付近に集光する様に照明するための第1照明光学系と、被検眼角膜から反射した前記第1照明光束を受光し第1受光部に導くための第1受光光学系と、この反射光束を少なくとも17

本のビームに変換する第1変換部材と、該第1変換部材で変換された複数の光束を受光する第1受光部と、第2波長の光束を発する第2光源と、第2光源の第2照明光束で所定のパターンの指標を被検眼角膜に投影する第2照明光学系と、被検眼角膜で反射された第2照明光束を受光し、第2受光部に導くための第2受光光学系と、第2受光光学系からの第2照明光束を受光する第2受光部と、第1受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の中心付近の角膜形状を求め、第2受光部からの第2照明光束の受光位置に基づき被検眼の周辺部の角膜形状を求める演算部とから構成されている。

#### 【0006】

また本発明の第2照明光学系は、前記所定のパターンの指標として複数の同心輪帯からなるプラチドリングを投影する様に構成され、前記第2受光光学系は、対物レンズを含み、その対物レンズの物側焦点位置にテレセントリック絞りを配置する構成にすることもできる。

#### 【0007】

そして本発明は、第1受光光学系の受光する第1照明光束の被検眼角膜近傍での第1照明領域と、前記第2受光光学系の受光する第2照明光束の被検眼角膜近傍での第2照明領域とが、隣接しているか又は重なり合っている様に構成することもできる。

#### 【0008】

更に本発明は、前記第1波長及び前記第2波長と異なる波長の第3波長の光束を発する第3光源と、該第3光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための第3照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導くための第3受光光学系と、該反射光束を少なくとも17本のビームに変換する第2変換部材と、該第2変換部材で変換された複数の光束を受光する第3受光部とを備え、前記演算部が、第3受光部で得られた光束の傾き角に基づいて、被検眼の光学特性を求める様に構成することもできる。

#### 【0009】

#### 【発明の実施の形態】

以上の様に構成された本発明は、第1光源が第1波長の光束を発し、第1照明

光学系が、第1光源からの第1照明光束で被検眼角膜曲率中心付近に集光する様に照明し、第1受光光学系が、被検眼角膜から反射した第1照明光束を受光し第1受光部に導き、第1変換部材が、反射光束を少なくとも17本のビームに変換し、第1受光部が、第1変換部材で変換された複数の光束を受光し、第2光源が第2波長の光束を発し、第2照明光学系が、第2光源の第2照明光束で所定のパターンの指標を被検眼角膜に投影し、第2受光光学系が、被検眼角膜で反射された第2照明光束を受光して第2受光部に導き、第2受光部が、第2受光光学系からの第2照明光束を受光し、演算部が、第1受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の中心付近の角膜形状を求め、第2受光部からの第2照明光束の受光位置に基づき被検眼の周辺部の角膜形状を求める様になっている。

## 【0010】

また本発明の第2照明光学系は、所定のパターンの指標として複数の同心輪帯からなるプラチドリングを投影する様になっており、第2受光光学系は、対物レンズを含み、その対物レンズの物側焦点位置にテレセントリック絞りを配置する様にすることもできる。

## 【0011】

そして本発明は、第1受光光学系の受光する第1照明光束の被検眼角膜近傍での第1照明領域と、第2受光光学系の受光する第2照明光束の被検眼角膜近傍での第2照明領域とが、隣接しているか又は重なり合っている様にすることもできる。

## 【0012】

更に本発明は、第3光源が、第1波長及び第2波長と異なる波長の第3波長の光束を発し、第3照明光学系が、第3光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明し、第3受光光学系が、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導き、第2変換部材が、反射光束を少なくとも17本のビームに変換し、第3受光部が、第2変換部材で変換された複数の光束を受光し、演算部が、第3受光部で得られた光束の傾き角に基づいて、被検眼の光学特性を求めることもできる。

## 【0013】

## 【実施例】

【0014】

以下、本発明の実施例を図面により説明する。

【0015】

## [第1実施例]

【0016】

本発明の第1実施例である眼科装置10000は、図1及び図2に示す様に、第1波長の光束を発する第1光源1110と、該第1光源1110からの第1照明光束で被検眼角膜曲率中心付近に集光する様に照明するための第1照明光学系1100と、被検眼角膜から反射した前記第1照明光束を受光し第1受光部1400に導くための第1受光光学系1200と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換する第1変換部材1300と、該第1変換部材1300で変換された複数の光束を受光する第1受光部1400と、第2波長の光束を発する第2光源2110と、第2光源2110の第2照明光束で所定のパターンの指標を被検眼角膜に投影する第2照明光学系2100と、被検眼角膜で反射された第2照明光束を受光し、第2受光部2210に導くための第2受光光学系2200と、第2受光光学系2200からの第2照明光束を受光する第2受光部2210と、第1受光部1400で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の中心付近の角膜形状を求め、第2受光部2210からの第2照明光束の受光位置に基づき被検眼の周辺部の角膜形状を求める演算部9100とから構成されている。

【0017】

第1照明光学系1100は、第1光源1110からの第1照明光束で被検眼角膜曲率中心付近に集光するためのものである。第1照明光学系1100は、第1光源1110からの第1照明光束を、第1のビームスプリッタ1120で反射させ、被検眼角膜曲率中心付近に集光させる様に構成されている。

【0018】

第1光源1110は、空間コヒーレンスが高く、時間コヒーレンスは高くないものが望ましい。本第1実施例の光源1110には、SLDが採用されており、輝度が高い点光源を得ることができる。

【0019】

また、本第1実施例の第1光源1110は、SLDに限られるものではなく、レーザーの様に空間、時間ともコヒーレンスが高いものでも、回転拡散板などを挿入することにより、適度に時間コヒーレンスを下げることで利用できる。

【0020】

そして、SLDの様に、空間、時間ともコヒーレンスが高くないものでも、光量さえ充分であれば、ピンホール等を光路の光源の位置に挿入することで、使用可能になる。

【0021】

本第1実施例の第1光源1110の第1波長は、例えば780nmを使用することができる。

【0022】

ここで、被検眼1000は、角膜1010と、虹彩1020と、網膜1030とを備えている。

【0023】

第1受光光学系1200は、被検眼角膜1010から反射した第1照明光束を受光し第1受光部1400に導くためのものである。第1受光光学系1200は、対物レンズ1210と、リレーレンズ1220と、反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材1300とから構成されている。

【0024】

第1受光光学系1200は、被検者の角膜曲率半径に応じて光軸方向に移動可能としておけば、より精密な測定が行える。また第1受光部1400又は第1変換部材1300が、角膜1010と略共役となっている。

【0025】

そして図2に示す様に、演算部9100は、制御部9200に接続されており、制御部9200の命令に基づき、光学特性等の演算を行う様に構成されている。

【0026】

制御部9200は、演算部9100を含む全体の制御を司っている。更に、ア



ライメント処理部9300は、アライメント処理を制御駆動する様に構成されている。

【0027】

表示部9400が、演算部9100で求められた出力データを表示し、この表示部9400は、演算部9100で求められた被検眼の光学特性の演算結果及び角膜形状とを表示することもできる。

【0028】

第2照明光学系2100は、第2光源2110からの光束で所定のパターンの指標を被検眼角膜1010に投影するためのものである。

【0029】

第2光源2110は、第1光源1110による第1波長と異なる第2波長を発する様になっている。本第1実施例の第2光源2110は、第2波長である940nmを発する様に構成されている。

【0030】

なお、第1光源と第2光源の波長は、絞部材等により分離可能に構成すれば、同一の波長としても構わない。

【0031】

本第1実施例の第2光源2110には、LEDが採用されている。

【0032】

第2照明光学系2100は、第2光源2110と、プラチドリング2120とから構成されている。

【0033】

プラチドリング (PLACIDO'S DISC) 2120は、図3に示す様な、複数の同心輪帯からなるパターンの指標を投影するためのものである。なお、複数の同心輪帯からなるパターンの指標は、所定のパターンの指標の1実施例である。

【0034】

そして、後述するアライメントが完了した後、複数の同心輪帯からなるパターンの指標を投影する様に構成されている。

【0035】

第2受光光学系2200は、被検眼角膜1010で反射された第2照明光束を受光し、第2受光部2210に導くためのものである。

【0036】

第2受光光学系2200は、対物レンズ1210と、第1のダイクロイックミラー6100と、テレセントリック絞り2220と、リレーレンズ2230とから構成されている。

【0037】

また本第1実施例の第2受光光学系2200では、対物レンズ1210を含み、その対物レンズ1210の像側焦点位置にテレセントリック絞り2220を配置する構成にすることもできる。

【0038】

第2受光光学系2200は、被検眼角膜1010から反射して戻ってくる光束を受光し第2受光部2210に導くためのものであり、アライメントが完了した時に、第2受光部2210が、角膜1010と略共役となっている。

【0039】

次に、第2受光光学系2200は、XYアライメント機能も備えている。即ち、第2光源2130と、リレーレンズ2230と、第2受光部2210とから構成されている。

【0040】

なお、本第1実施例の第2受光光学系2200には、アライメント用光源2130と第2のビームプリッタ2140とが備えられている。

【0041】

第2受光光学系2200は、アラインメントが調整された際に、被検眼角膜近傍1010に複数の同心輪帯からなるパターンの指標を投影させるものである。

【0042】

即ち、前眼部観察系（第2照明光学系2200）は、XYアライメント光学系と、プラチド観察光学系との2つの機能を有している。

【0043】

そして、前眼部に最大直径9 mmのプラチドリングを正確に投影する様になっている。また、第2受光光学系2200には、テレセントリック絞り2220によりテレセン光学系となっており、Z軸方向に微少ずれても測定に影響を及ぼさない。

【0044】

但し、対物レンズ2230から被検眼角膜頂点までの距離は、正確でなければならず、そのためにZ方向のアライメントには精度の高い光学系が使用されている。

【0045】

本第1実施例の第2受光部2210は、2次元のCCDを採用しているが、何れの受光素子を採用することができる。

【0046】

Zアライメント光学系5100は、第4の光源5110と、コリメータレンズ5120と、集光レンズ5130と、1次元撮像素子5140とから構成されている。

【0047】

Zアライメント光学系5100は、アラインメントが調整された際に、角膜頂点付近で反射された点光源からの光束が、1次元撮像素子5140の所定位置（例えば中央）に投影される。

【0048】

本第1実施例の1次元撮像素子5140は、1次元のPSDを採用しているが、何れの受光素子を採用することができる。

【0049】

Zアライメント光学系5100は、第4の光源5110からの光を平行光束で角膜1010を照明する。そして正反射光を受光する位置に、照明光軸と受光光軸を含む面に1次元撮像素子5140を配置している。

【0050】

即ち、Zアライメント光学系5100は、所定の作動距離に位置した時に、平行光束が、角膜頂点と略一致する様に配置されている。

## 【0051】

ここで図4に基づいて、XYアライメント光学系（第2照明光学系2100）の動作を説明する。S1（ステップ1、以下、S1と略する）では、アライメント光源2130を点灯させる。次にS2では、リレーレンズ2230と対物レンズ1210とにより光を角膜1010付近に集光させる。そしてS3では、第2受光部2210により輝点の位置を観察する。そして手動アラインメントの場合には、S4に進み、モニターに表示し、自動アライメントの場合のは、S5に進み、制御装置にデータを送出する。

## 【0052】

次に図5に基づいて、Zアライメント光学系5100の動作を説明する。S1では、第4の光源5110を点灯させる。次にS2では、コリメータレンズ5120により、平行光束を角膜頂点付近に照射する。そしてS3では、虚像を形成し、S4で、集光レンズ5130により、第4光源の像を1次元撮像素子5140上に投影する。そしてS5では、1次元撮像素子5140で光源像位置を測定する。更にS6では、測定された光源像位置データを制御装置に送出する様になっている。

## 【0053】

なお、図6に基づいて、レンズ配置を詳細に説明する。

## 【0054】

ここで、受光系の移動レンズより被検者側のレンズを対物レンズ群とすると、アライメントは、前眼部の測定基準面（出射瞳、角膜表面）に、対物レンズ群の前側焦点が一致する様に配置すればよいことになる。

## 【0055】

測定光線が、対物レンズ群を通過した後、光軸と交わる点（角膜形状測定時は、角膜曲率中心と略共役な点であり、また光学特性測定時は、眼底と略共役点となる）に移動レンズの前側焦点が来る様に、移動レンズが移動する。これにより、受光素子には、常に略平行光が入射され、測定基準面での測定領域を略一定とすることができる。

## 【0056】

そして、光線の前眼部の測定基準面での正確な位置は、光線の変換部材通過位置と、受光素子の受光位置に基づいて、内挿又は外挿法により、移動レンズ通過後の前眼部の測定基準面の共役点での光線座標を求め、光学系の横倍率で割ることにより得ることができる。

【0057】

なお、図6(a)は、角膜形状の測定状態であり、図6(b)は、光学測定の状態、図6(c)は、正視の測定の状態、図6(d)は、近視の測定の状態を示すもので、測定基準面での測定領域を略一定とすることができる。

【0058】

次に、第1変換部材1300について説明する。

【0059】

第1受光光学系1200に配置された第1変換部材1300は、反射光束を複数のビームに変換する波面変換部材である。本第1実施例の第1変換部材1300には、光軸と直交する面内に配置された複数のマイクロフレネルレンズが採用されている。

【0060】

ここでマイクロフレネルレンズについて詳細に説明する。

【0061】

マイクロフレネルレンズは波長ごとの高さピッチの輪帯をもち、集光点に最適化されたブレードを持つ光学素子である。ここで利用することのできるマイクロフレネルレンズは、例えば、半導体微細加工技術を応用した8レベルの光路長差をつけたもので、1次光のみ利用の場合98%の集光効率を実現できる。

【0062】

本第1実施例の第1変換部材1300は、反射光束を少なくとも17以上のビームに変換する波面変換部材から構成されている。

【0063】

次に第1受光部1400は、第1変換部材1300で変換された複数のビームを受光するためのものであり、本第1実施例では、CCDが採用されている。このCCDは、TV用などの一般的なものから測定用の2000\*2000素子等

、何れのタイプのものが使用できる。

【0064】

第1受光部1400をTV用のCCDを使用した場合には、解像度は劣るが、安価であり、通常、後処理で利用するパーソナルコンピュータへの入力も簡便である。この場合、CCDとそのドライバーからの画像信号出力は、NTSC信号とし、パーソナルコンピュータにNTSC信号に適応した画像入力ボードを使用することで簡単に実現することができる。

【0065】

また、第1受光部1400を測定用の2000\*2000素子のCCDを採用した場合、装置は高価となるが、同様にアナログ信号を介してパーソナルコンピュータに測定値を入力することができる。

【0066】

なお、CCDからの測定信号を、デジタル信号でパーソナルコンピュータに入力することも可能である。

【0067】

そして第1受光部1400は、被検眼虹彩1020と第1変換部材1300と略共役な関係を形成している。

【0068】

また本発明の第1受光光学系1200は、第1変換部材1300と被検眼虹彩1020とが、略共役な関係を保ち、かつ、第1受光状態において、被検眼眼底からの反射光束が、略平行光束で受光部に入射する様に、又、第2受光状態において、被検眼角膜からの反射光束が、略平行光束で受光部に入射する様に、調整するための調整手段を備えることもできる。

【0069】

また、第1受光光学系1200には、第1のダイクロイックミラー6100が挿入されており、第1照明光学系1100からの光を被検眼1000に送光し、反射光を透過させる様に構成されている。

【0070】

次に、第1受光部1400で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼1000

の光学特性を求めるための演算部 9100 の動作原理について詳細に説明する。

【0071】

ここで演算方法を詳細に説明する。

【0072】

「シャックハルトマンの場合」

【0073】

図7に示す様に第1変換部材1300の座標をX、Yとし、第1受光部1400の座標をx、yとすれば、波面は極座標表示または、直交座標表示によって、

【0074】

$$X = (X' / \beta) \quad \dots \dots \dots \text{第1式}$$

【0075】

$$Y = (Y' / \beta) \quad \dots \dots \dots \text{第2式}$$

【0076】

ここで、 $\beta$  は、光学系の横倍率である。

【0077】

光学系が無収差であれば、波面収差W(X、Y)とW'(X'、Y')の関係は、

【0078】

$$W((X' / \beta), (Y' / \beta)) = W'(X', Y')$$

【0079】

$\dots \dots \dots$  第3式

【0080】

となる。

【0081】

ここで、適当な多項式を

【0082】

$$f(X, Y, Z \dots \dots \dots ; A, B, C \dots \dots \dots)$$

【0083】

とする。

【0084】

ここで、X、Y、Z・・・・・・は座標により決定される量であり、A、B、C・・・・・・はパラメータである。

【0085】

次に、波面をこの多項式fで表すことを検討する。即ち、最適なパラメータ（A、B、C・・・・・・）を演算することである。

【0086】

ハルトマンの測定原理により、

【0087】

「数1」

【0088】

・・・・・・第4式

【0089】

と表すことができる。

【0090】

実際には、データが傾き角となっているので、それぞれの波面の微分値を使用して計算する。即ち、本発明では、測定するデータは光線の傾き角であり、この傾き角は、直接波面の位置座標による微分で求めることができる。

【0091】

更に、本波面センサーで測定される量は、基準からの横収差量である。

【0092】

図7で次の関係が近似的に成り立つことが知られている。

【0093】

1（エル）は、第1変換部材1300と第1受光部1400との距離である。

【0094】

第1変換部材1300の中心点がX、Yの各素子においてdx（X、Y）、dy（X、Y）を得る。

【0095】



$dx$ 、 $dy$ は変換部材の1素子に対して、第1受光部1400上の予め定められた原点と、実際の光線の交点の $x$ 、 $y$ 方向それぞれの距離である。

【0096】

第1変換部材1300の1素子に対応する原点は、波面が一様に平であり、換言すれば、眼屈折率特性が、球面成分と乱視成分とが共に0ディオプターで、後に述べる不正乱視成分等の残差もない場合には、変換された光束が測定できる第1受光部1400上の点となる。

【0097】

$dx$ 、 $dy$ は、光線の基準点からの偏差であり、

【0098】

$$dx(X_i, Y_j) = x_{ij} - x_{ij}^0 \quad \dots\dots\dots \text{第5式}$$

【0099】

$$dy(X_i, Y_j) = y_{ij} - y_{ij}^0 \quad \dots\dots\dots \text{第6式}$$

【0100】

ここに、多項式 $f$ を代入すると、(測定データ数) $\times 2$ の式が得られ、最小自乗法により、必要なパラメータを求めることができる。

【0101】

なお、 $f$ を微分した式を用いるため、 $f$ の定数項を求めることはできないが、本発明では、必要なパラメータを求めれば足りる。

【0102】

また、具体的な関数として、幾何光学収差とよく対応した直交関数であるZernikeの多項式を使用することもできる。

【0103】

Zernikeの多項式の一般項は、

【0104】

「数2」

【0105】

$\dots\dots\dots$  第7式

【0106】

で表すことができる。

【0107】

ここで、Zernikeの多項式を具体的に示せば、

【0108】

$$Z_{00} = 1$$

$$Z_{10} = x$$

$$Z_{11} = y$$

$$Z_{20} = 2xy$$

$$Z_{21} = -1 + 2y^2 + 2x^2$$

$$Z_{22} = y^2 - x^2$$

$$Z_{30} = 3xy^2 - x^3$$

$$Z_{31} = -2x + 3xy^2 + 3x^3$$

$$Z_{32} = -2y + 3y^3 + 3x^2y$$

$$Z_{33} = y^3 - 3x^2y$$

$$Z_{40} = 4y^3x + 4x^3y$$

$$Z_{41} = -6xy + 8y^3x + 8x^3y$$

$$Z_{42} = 1 - 6y^2 - 6x^2 + 6y^4 + 12x^2y^2 + 6x^4$$

$$Z_{43} = -3y^2 + 3x^2 + 4y^4 - 4x^4$$

$$Z_{44} = y^4 - 6x^2y^2 + x^4$$

【0109】

これらを4次でまとめれば、（最低X、Y方向に4点ずつの16点+1点）17点以上のサンプル点が必要となる。

【0110】

ここで、具体的な演算方法を図8に基づいて説明する。

S1では、第1受光部1400からのデータに基づき、サンプリングデータを得る。次にS2では、DEFOCUS成分と傾斜成分を最小自乗法から求め、S3では、サンプリングデータから、DEFOCUS成分と傾斜成分を引く、更にS4では、Dと移動レンズの位置から、基準の曲率を求める。そしてS5では、最小自乗法によりAを求める。そしてS6では、角膜形状を測定しているか否かを

判断し、測定している場合にはS7に進み、反射が2回あるのでfの値を1/2とし、S8では、マッピング等を実行する。

【0111】

更にS6で、角膜形状を測定していないと判断した場合には、S8に進み、マッピング等を実行する。

【0112】

「プラチドリングによる方法」

【0113】

ここで図9に基づいて、プラチドリング2120による面形状の演算を説明する。

【0114】

S1で、第2受光光学系2200で、被検眼角膜1010によるプラチドリング2120の像が形成される。次にS2では、1番内側のプラチドリングの中心を決定する。

【0115】

そしてS3では、何れかのプラチドリングの高さh'を測定する。ここで図10に基づいて、幾何学的関係を求めれば、

【0116】

$$(h' / h) = (S' / S) = m$$

【0117】

となる。ここで、mは倍率であり、S'は角膜頂点からプラチドリング2120までに距離であり、Sは、角膜頂点からプラチドリング像までの距離である。

【0118】

更に、

【0119】

$$m = -(R / 2S)$$

【0120】

そして、

【0121】

$$(1/S) + (1/S') = -(2/R)$$

【0122】

であるから、

【0123】

$$R = -2 (SS' / (S + S'))$$

【0124】

となる。

【0125】

従ってS4では、SとS'を利用して曲率半径Rを演算する。

【0126】

次にS5では、 $y_i/R(i)$ を演算して、面の傾斜を演算する。ここで、iは、1～Nであり、本第1実施例では例えば、N=10とすることができる。Nは、ブラチドリングの輪帯本数の2倍になる。

【0127】

S6では、i=を1からNまで全て演算したか判断し、Nまで演算していない場合には、S3に戻り演算を繰り返し、N（本第1実施例ではN=10）まで演算が完了した場合には、S7に進む。S7では、S5で演算された傾斜（ $y_i/R(i)$ ）を積分して面形状を演算する。そしてS8では、面形状の演算を全体に行い、全体の演算が完了した場合には、S9に進んで結果を出力する。

【0128】

「具体的な演算方法」

【0129】

次に、本第1実施例の具体的な測定方法を説明する。

【0130】

まず、図9に示される様に、眼の測定範囲を円とし、最内部の円を円1、中間の円を円2、最外部の円を円3とする。本第1実施例では、円1の直径は2.9 mm、円2の直径は3.0 mm、円3の直径は9.0 mmである。

【0131】

本第1実施例では、円2の内側を、第1変換部材1300を利用した第1受光

光学系1200で計測演算（第1照明領域で計測）し、円1の外側と円3の内側の間をプラチドリング2120を利用した第2受光光学系2200で計測演算（第2照明領域）する様に構成されている。従って、円1の外側と円2の内側の間は、両方の計測演算が重なっている。

#### 【0132】

即ち本第1実施例は、第1受光光学系1200の受光する第1照明光束の被検眼角膜近傍1010での第1照明領域と、第2受光光学系2200の受光する第2照明光束の被検眼角膜近傍1010での第2照明領域とが、隣接しているか又は重なり合っている様に構成することもできる。

#### 【0133】

#### [第2実施例]

#### 【0134】

本発明の第2実施例である眼科装置20000は、角膜形状を第1実施例と同様に、第1変換部材1300を利用した第1受光光学系1200で計測演算し、円1の外側と円3の内側の間をプラチドリング2120を利用した第2受光光学系2200で計測演算する様になっており、屈折測定を新たな光学系を用いて計測するものである。

#### 【0135】

第2実施例である眼特性測定装置20000は、図12に示す様に、第1波長の光束を発する第1光源1110と、該第1光源1110からの第1照明光束で被検眼角膜曲率中心付近に集光する様に照明するための第1照明光学系1100と、被検眼角膜から反射した前記第1照明光束を受光し第1受光部1400に導くための第1受光光学系1200と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換する第1変換部材1300と、該第1変換部材1300で変換された複数の光束を受光する第1受光部1400と、第2波長の光束を発する第2光源2110と、第2光源2110の第2照明光束で所定のパターンの指標を被検眼角膜に投影する第2照明光学系2100と、被検眼角膜で反射された第2照明光束を受光し、第2受光部2210に導くための第2受光光学系2200と、第2受光光学系2200からの第2照明光束を受光する第2受光部2210と、前記第1

波長及び前記第2波長と異なる波長の第3波長の光束を発する第3光源3110と、該第3光源3110からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための第3照明光学系3100と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し第3受光部3210に導くための第3受光光学系3200と、該反射光束を少なくとも17本のビームに変換する第2変換部材3300と、該第2変換部材3400で変換された複数の光束を受光する第3受光部3400とを備え、第1受光部1400で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の中心付近の角膜形状を求め、第2受光部2210からの第2照明光束の受光位置に基づき被検眼の周辺部の角膜形状を求め、第3受光部3400で得られた光束の傾き角に基づいて、被検眼の光学特性を求める演算部9100とから構成されている。

## 【0136】

ここで本第2実施例の第1照明光学系1100と第1受光光学系1200と第2照明光学系2100と第2受光光学系2200とは、第1実施例と同様であるから説明を省略し、第3照明光学系3100と第3受光光学系3200とを説明する。

## 【0137】

第3照明光学系3100は、第1波長及び第2波長と異なる波長の第3波長の光束を発する第3光源3110からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するためのものである。

## 【0138】

第3照明光学系3100は、第1の集光レンズ3120と、光束遮蔽部材3130と、第2の集光レンズ3140と第2のダイクロイックミラー6200とから構成されている。

## 【0139】

第3照明光学系3100は、被検者の屈折力に応じて光軸方向に移動可能に構成されており、被検者の眼底に集光する様に構成されている。なお、本第3実施例では、-25ディオプターから+25ディオプター程度の範囲で移動可能に構成されている。

## 【0140】

第3光源1110は、空間コヒーレンスが高く、時間コヒーレンスは高くないものが望ましい。本第3実施例の光源3110には、SLDが採用されており、輝度が高い点光源を得ることができる。

【0141】

本第3実施例の第3光源1110の第1波長は、赤外域の波長、例えば840nmを使用することができる。

【0142】

光束遮蔽部材3130は、被検眼の瞳周辺付近を通して照明する第1A照明状態と、被検眼の瞳中心付近を通して照明する第1B照明状態とを形成するためのものである。

【0143】

この光束遮蔽部材3130は、中心付近に開口のある第1絞り（第1B照明状態用）と、周辺部付近に開口のある第2絞り（第1A照明状態用）とからなる可変絞りで構成することもできる。

【0144】

屈折測定は、第3照明光学系3100部分で、その時に遮光されている部分で行うことにより、角膜反射の影響を受けることを防止することができる。

【0145】

即ち、可変絞りの第1絞りが、光路内に挿入されている時には、中央の遮光部で遮光されている範囲の測定が行われ、可変絞りの第2絞りが光路内に挿入されている時には、中央の開口部の周りの範囲で測定が行われる。

【0146】

また光束遮蔽部材3130は、中心部付近に開口を形成させる第1A照明状態と、周辺部付近に開口を形成させる第1B照明状態とを形成するための液晶で構成することも可能である。

【0147】

従って、第3照明光学系3100の光束遮蔽部材3130は、被検眼1000の瞳と略共役付近に、被検眼1000の瞳中心付近を通して照明する第1A照明状態と、被検眼1000の瞳周辺付近を通して照明する第1B照明状態とを形成

することができる。

【0148】

第3受光光学系3200は、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導くためのものである。第3受光光学系3200は、リレーレンズ3210と、反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第2変換部材3300とから構成されている。

【0149】

第3照明光学系3100と第3受光光学系3200とは、第3光源3110からの光束が集光する点で反射されたとして、その反射光による第3受光部3400での信号ピークが最大となる関係を維持して、連動して移動し、第3受光部3400での信号ピークが強くなる方向に移動し、強度が最大となる位置で停止する様に構成されている。その結果、第3光源3110からの光束が、網膜上で集光することとなる。

【0150】

第3受光光学系3200の第2変換部材3300は、第3照明光学系3100の光束遮蔽部材3130と共役の位置にある。そして、互いに虹彩1200と共役となっている。

【0151】

第3受光光学系3200は、被検者の屈折力に応じて光軸方向に移動可能となっており、第3受光部3400又は第2変換部材3300が、角膜1010と略共役となっている。

【0152】

そして図2に示す様に、演算部9100は、制御部9200に接続されており、制御部9200の命令に基づき、光学特性等の演算を行う様に構成されている。

【0153】

制御部9200は、演算部9100を含む全体の制御を司っている。更に、アライメント処理部9300は、アライメント処理を制御駆動する様に構成されている。



【0154】

表示部9400が、演算部9100で求められた出力データを表示し、この表示部9400は、演算部9100で求められた被検眼の光学特性の演算結果及び角膜形状とを表示することもできる。

【0155】

更に本発明の演算部9100は、角膜形状から予想される被検眼の光学特性を演算し、この予想光学特性と、第3受光部3400の出力に基づいて求めた光学特性との比較を行い、角膜形状以外の要因による光学特性の異常を判断することもできる。この光学特性の演算は、光線追跡によるか、より簡単な近似を使った計算を利用できる。なお、網膜上の2次点光源の位置は、そのときの屈折特性測定のS値からモデル的な値を利用することができる。

【0156】

なお、各電気的構成との接続関係は、図3のようになる。

【0157】

固視標光学系3500は、固視標結像レンズ3510と、固視標3520とから構成されている。

【0158】

第3照明光学系3100からの光束と、固視標光学系3500からの光束は、第3のダイクロイックミラー3530で同軸とされている。

【0159】

固視標光学系3500は、パターンを見せて被検者を、雲霧、所定の点に固定、等、調整することができる。また、固視標光学系3500は、被検者の屈折力に応じて光軸方向に移動可能に構成されている。

【0160】

なお、本第2実施例の第1の照射光学系1100と第1受光光学系1200とは、第3のダイクロイックミラーが挿入されており、90度偏向される様に構成されている。

【0161】

なお、その他の構成、作用、動作等は、第1実施例と同様であるから説明を省

略する。

【0162】

【効果】

以上の様に構成された本発明は、第1波長の光束を発する第1光源と、該第1光源からの第1照明光束で被検眼角膜曲率中心付近に集光する様に照明するための第1照明光学系と、被検眼角膜から反射した前記第1照明光束を受光し第1受光部に導くための第1受光光学系と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換する第1変換部材と、該第1変換部材で変換された複数の光束を受光する第1受光部と、第2波長の光束を発する第2光源と、第2光源の第2照明光束で所定のパターンの指標を被検眼角膜に投影する第2照明光学系と、被検眼角膜で反射された第2照明光束を受光し、第2受光部に導くための第2受光光学系と、第2受光光学系からの第2照明光束を受光する第2受光部と、第1受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の中心付近の角膜形状を求め、第2受光部からの第2照明光束の受光位置に基づき被検眼の周辺部の角膜形状を求める演算部とから構成されているので、対物系が小型化でき、コンパクトな眼科装置を提供することができるという卓越した効果がある。

【0163】

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1実施例の眼科装置10000の構成を示す図である。

【図2】

第1実施例の眼科装置10000の電氣的構成を説明する図である。

【図3】

プラチドリングを説明する図である。

【図4】

XYアライメントを説明する図である。

【図5】

Zアライメントを説明する図である。

【図6】

アライメントを説明する図である。

【図7】

原理を説明する図である。

【図8】

原理を説明する図である。

【図9】

プラチドリングを使用した面形状の測定を説明する図である。

【図10】

測定原理を説明する図である。

【図11】

測定領域を説明する図である。

【図12】

第2実施例の眼科装置10000の構成を示す図である。

【図13】

第2実施例の電氣的構成を説明する図である。

【符号の説明】

10000 第1実施例の眼科装置

20000 第2実施例の眼科装置

1000 被検眼

1010 角膜

1020 虹彩

1030 網膜

1100 第1照明光学系

1110 第1光源

1200 第1受光光学系

1300 第1変換部材

1400 第1受光部

2100 第2照明光学系  
 2110 第2光源  
 2120 プラチドリング  
 2130 アライメント光源  
 2200 第2受光光学系  
 2210 第2受光部  
 3100 第3照明光学系  
 3110 第3光源  
 3120 第1の集光レンズ  
 3130 光束遮蔽部材  
 3140 第2の集光レンズ  
 3200 第3受光光学系  
 3210 第3受光部  
 3400 第2変換部材  
 3500 固視標光学系  
 3510 固視標結像レンズ  
 3520 固視標  
 5100 Zアライメント光学系  
 5110 第4の光源  
 5120 コリメータレンズ  
 5130 集光レンズ  
 5140 1次元撮像素子  
 9100 演算部  
 9200 制御部  
 9300 アライメント処理部

【数1】

$$\frac{\partial W(X, Y)}{\partial X} = \frac{\dot{\alpha}(X, Y)}{l}$$

$$\frac{\partial W(X, Y)}{\partial Y} = \frac{\dot{\alpha}(X, Y)}{l}$$

【数2】

$$Z_m(r, \theta) = R^{n-2m}(r) \left\{ \frac{\sin}{\cos} \right\} (n-2m)\theta$$

$n-2m > 0$  のとき  $\sin$

$n-2m \leq 0$  のとき  $\cos$

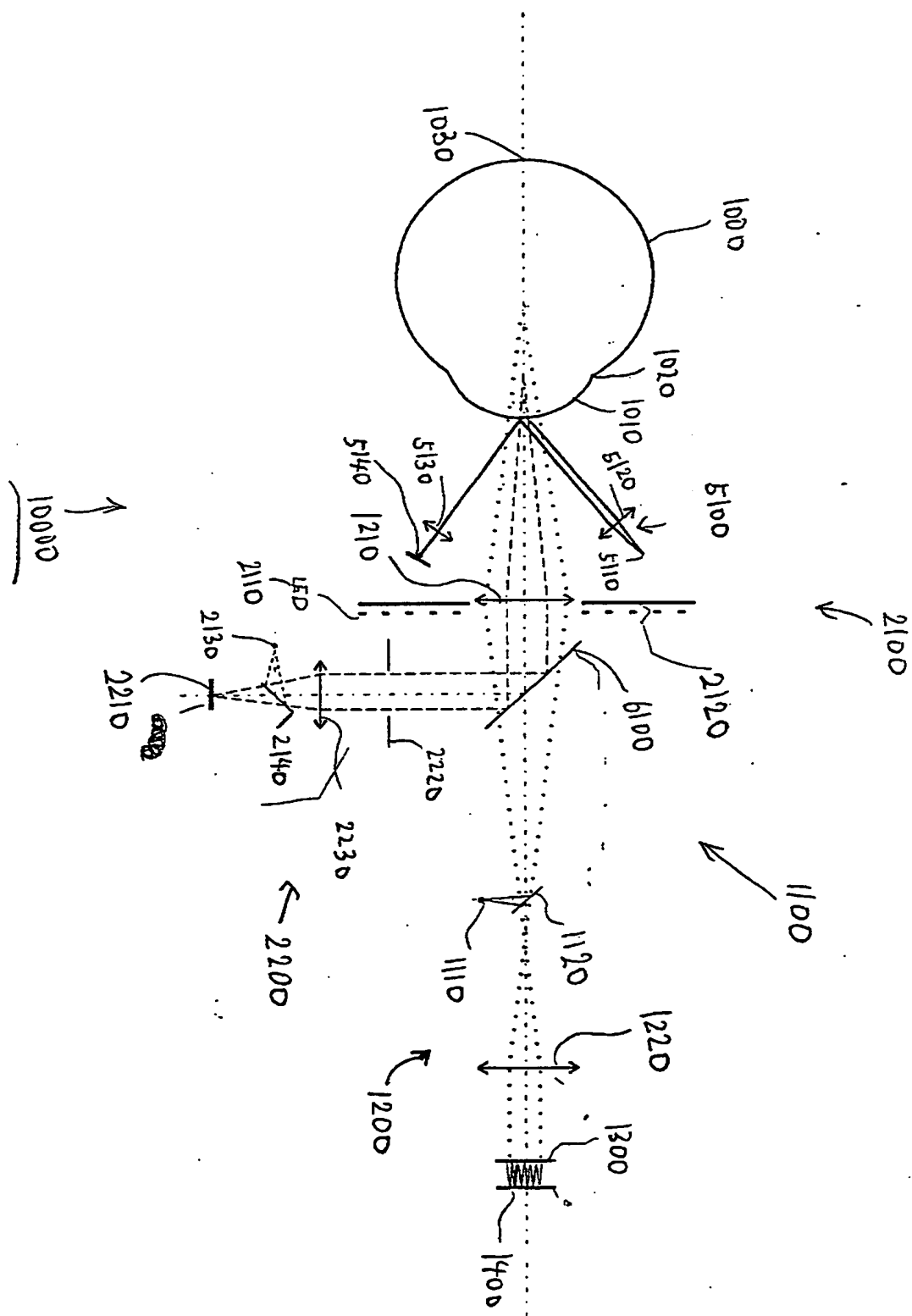
$$\therefore R^{n-2m}(r) = \sum_{s=0}^m (-1)^s \frac{(n-s)!}{s!(m-s)!(n-m-s)!} r^{n-2s}$$

●  
特平 9-327097

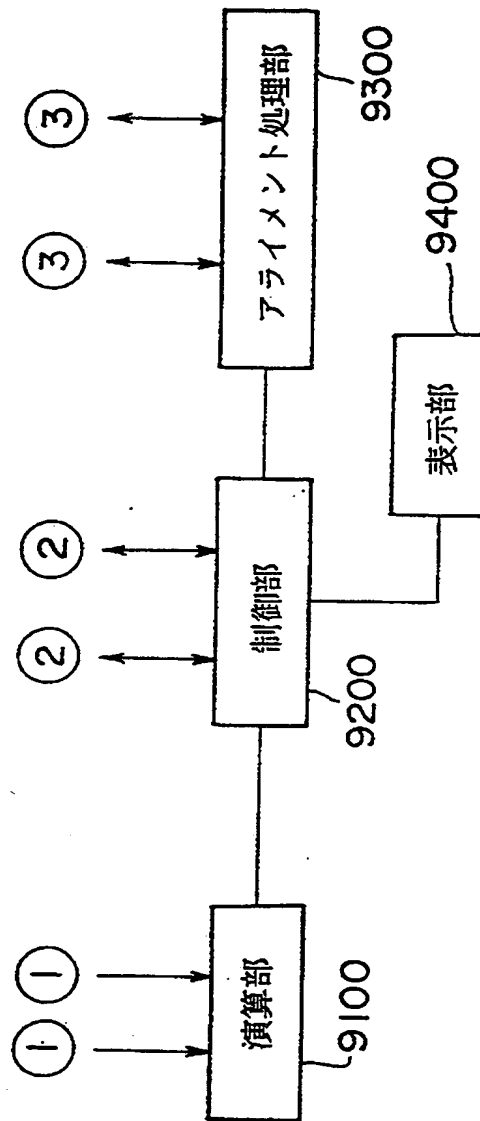
【書類名】

図面

【図1】

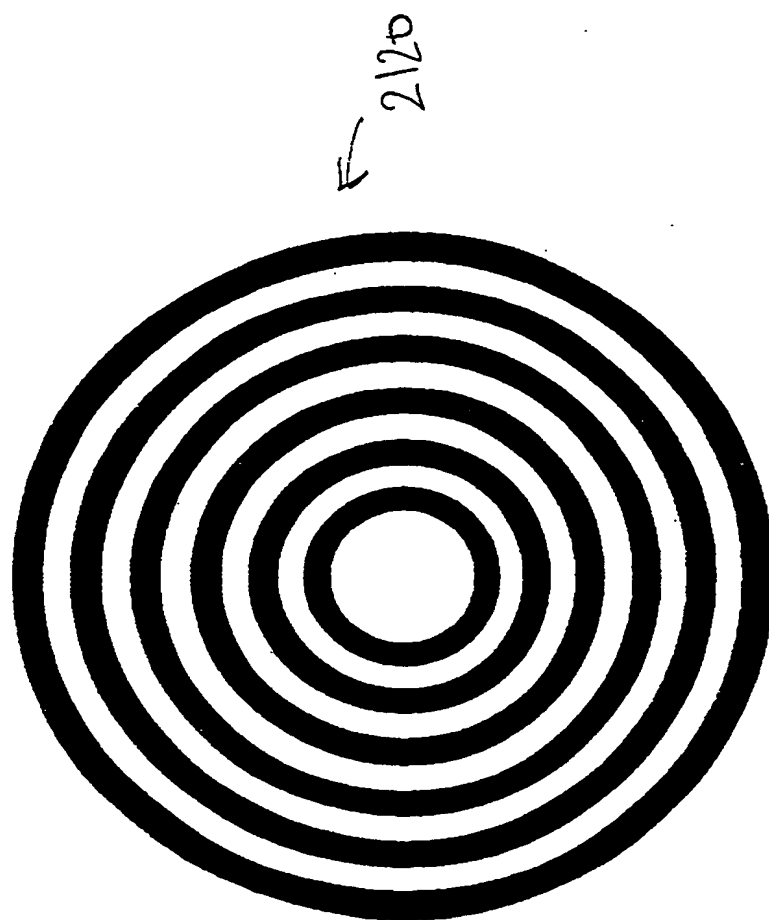


【図2】



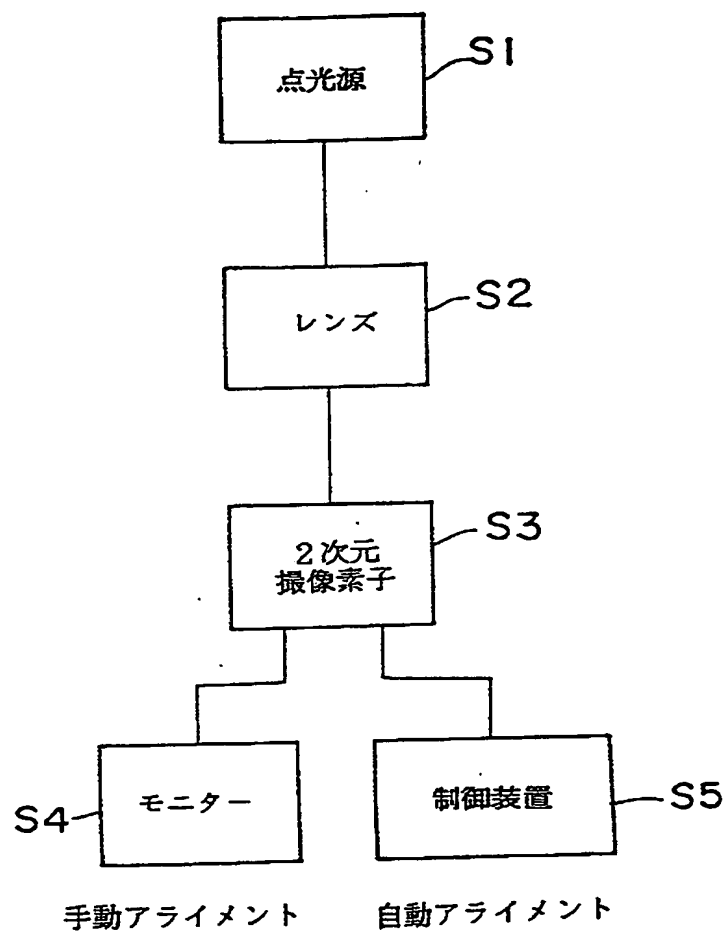


【図3】



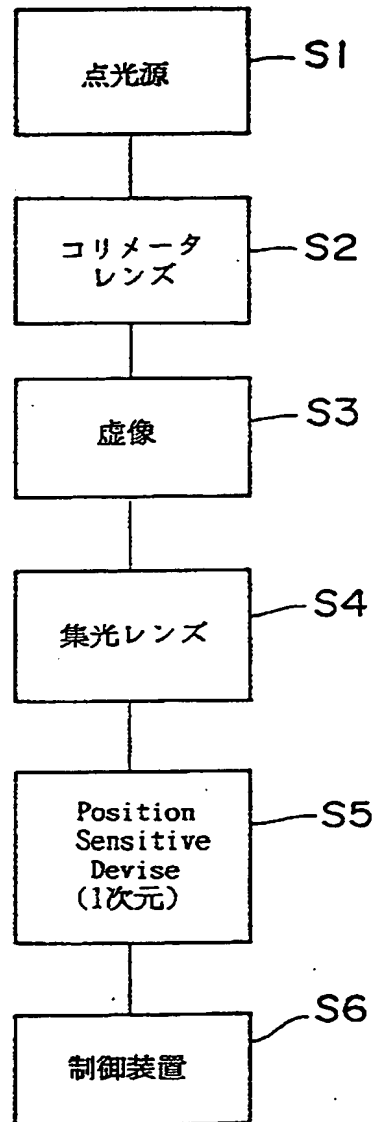
【図4】

XYアライメント

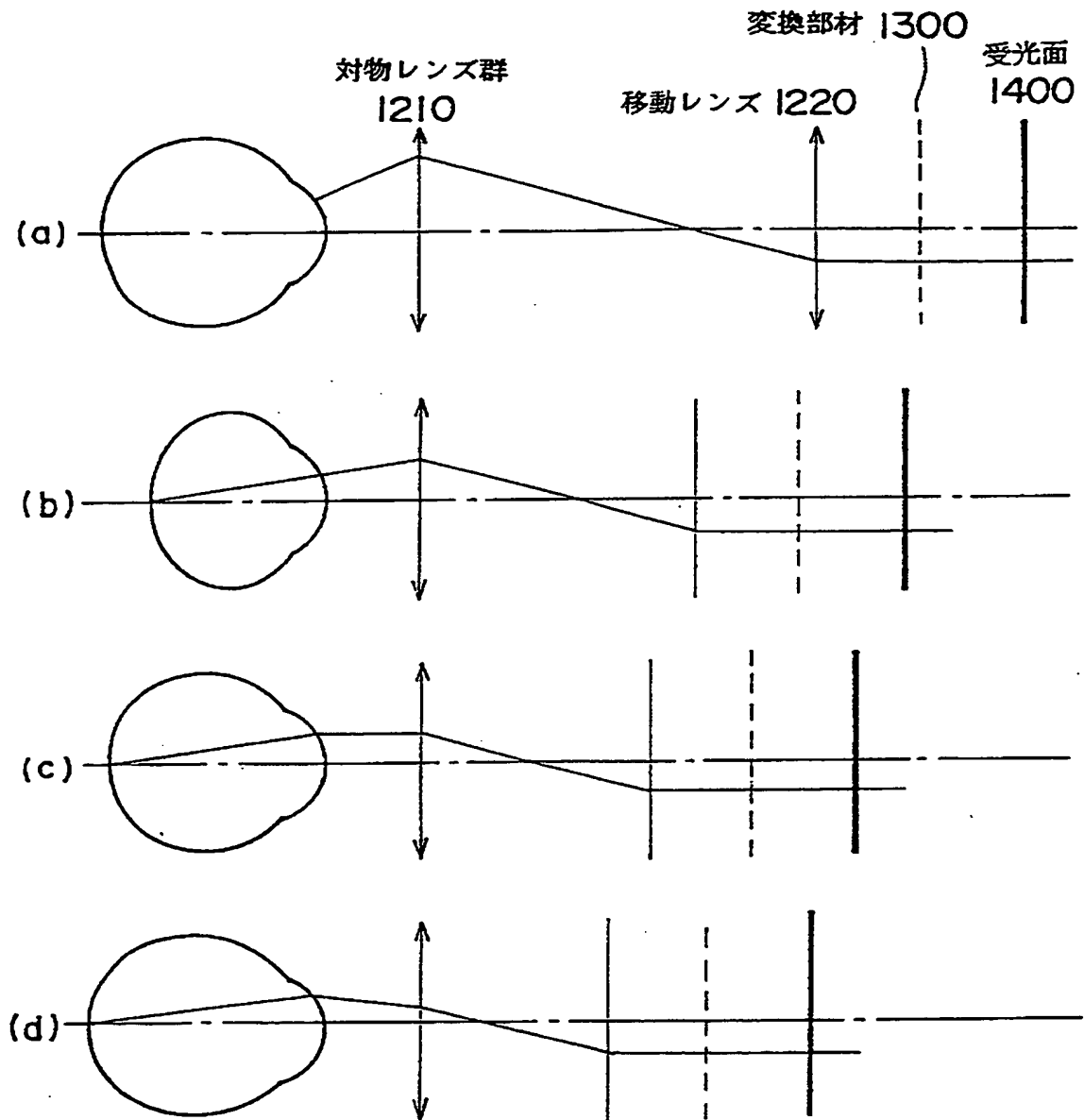


【図5】

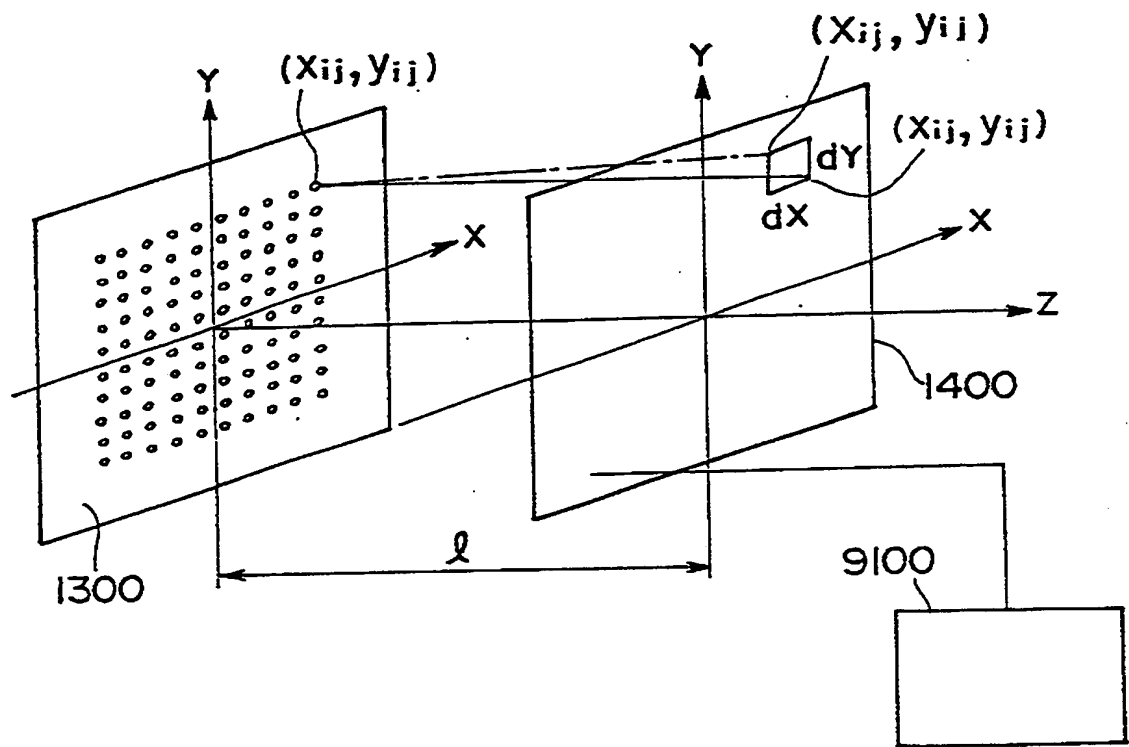
Zアライメント



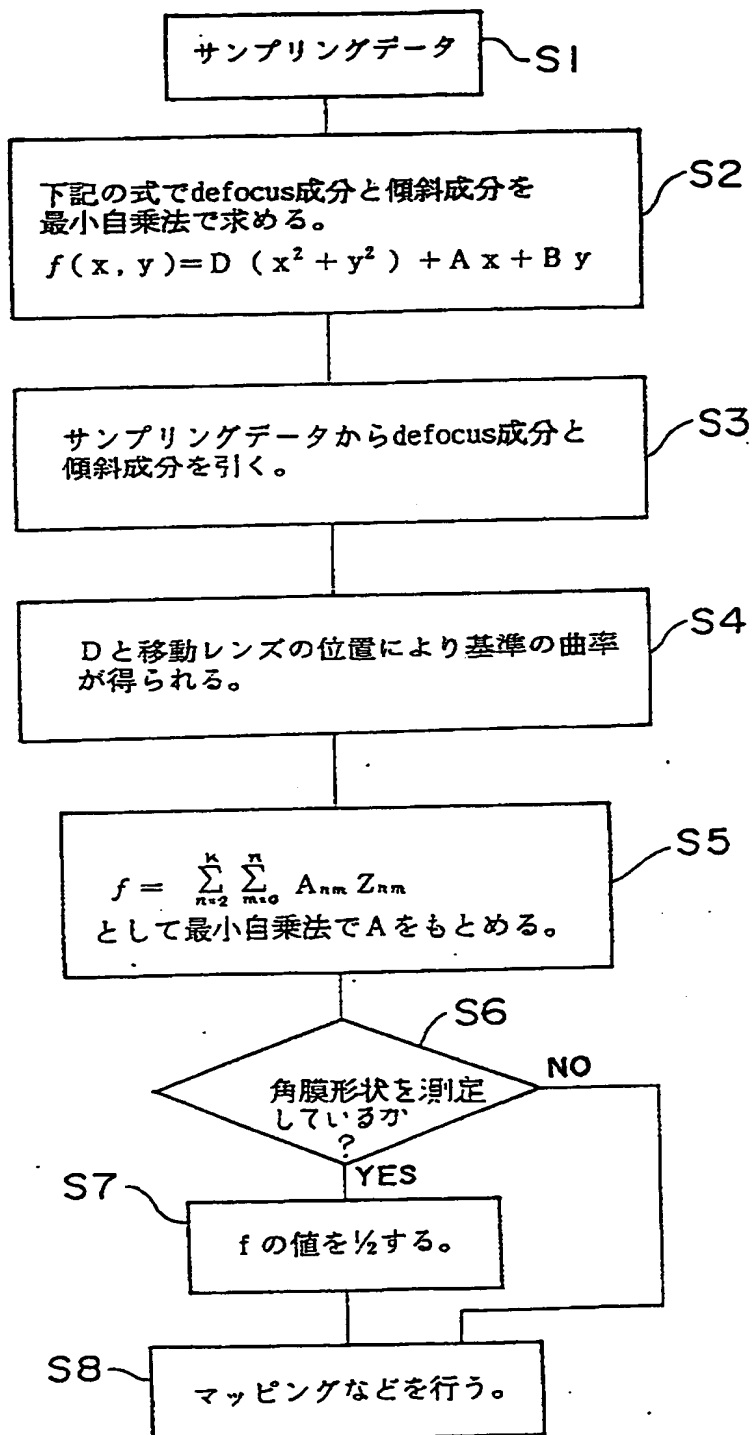
【図6】



【图7】

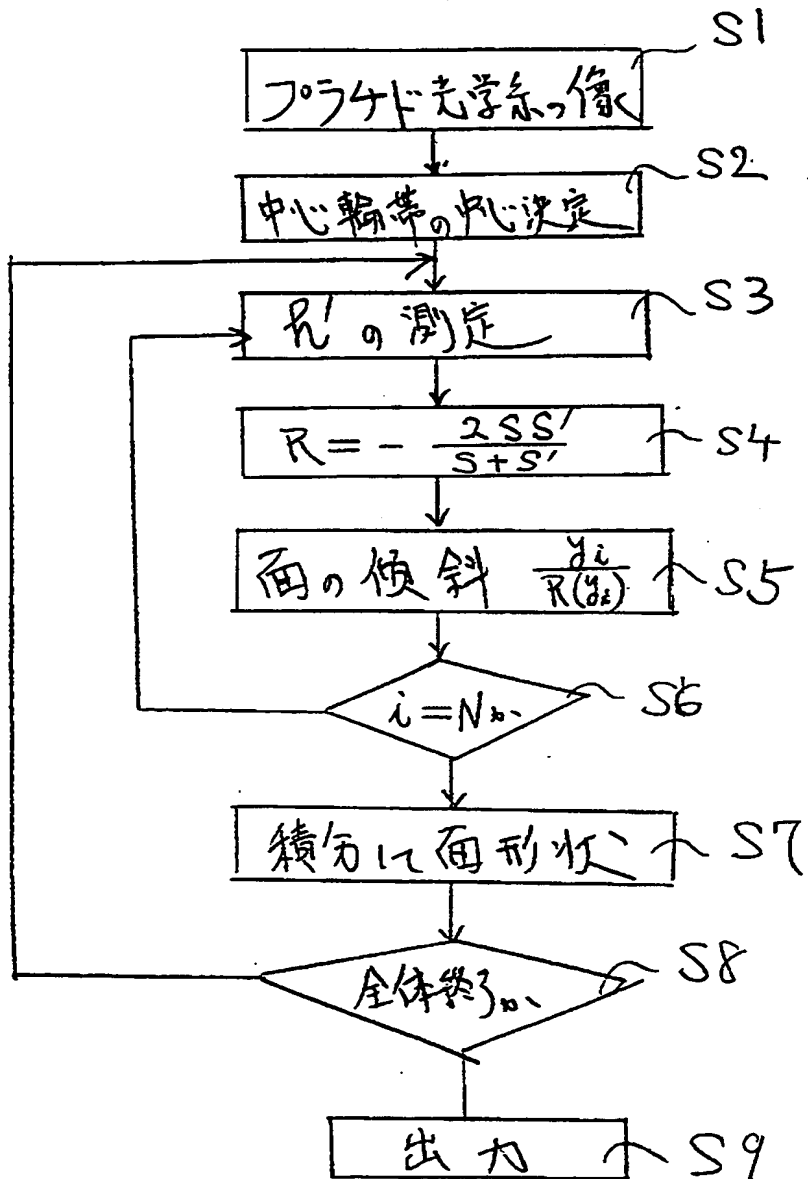


【図 8】



【図9】

図9



【図10】

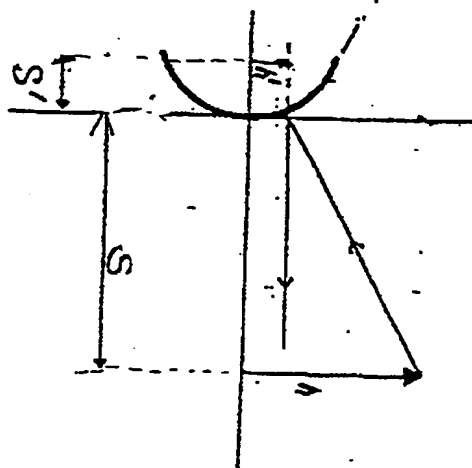
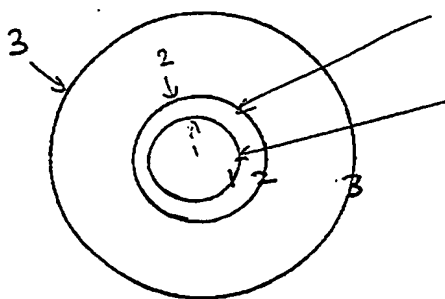


図10

【図11】

図11

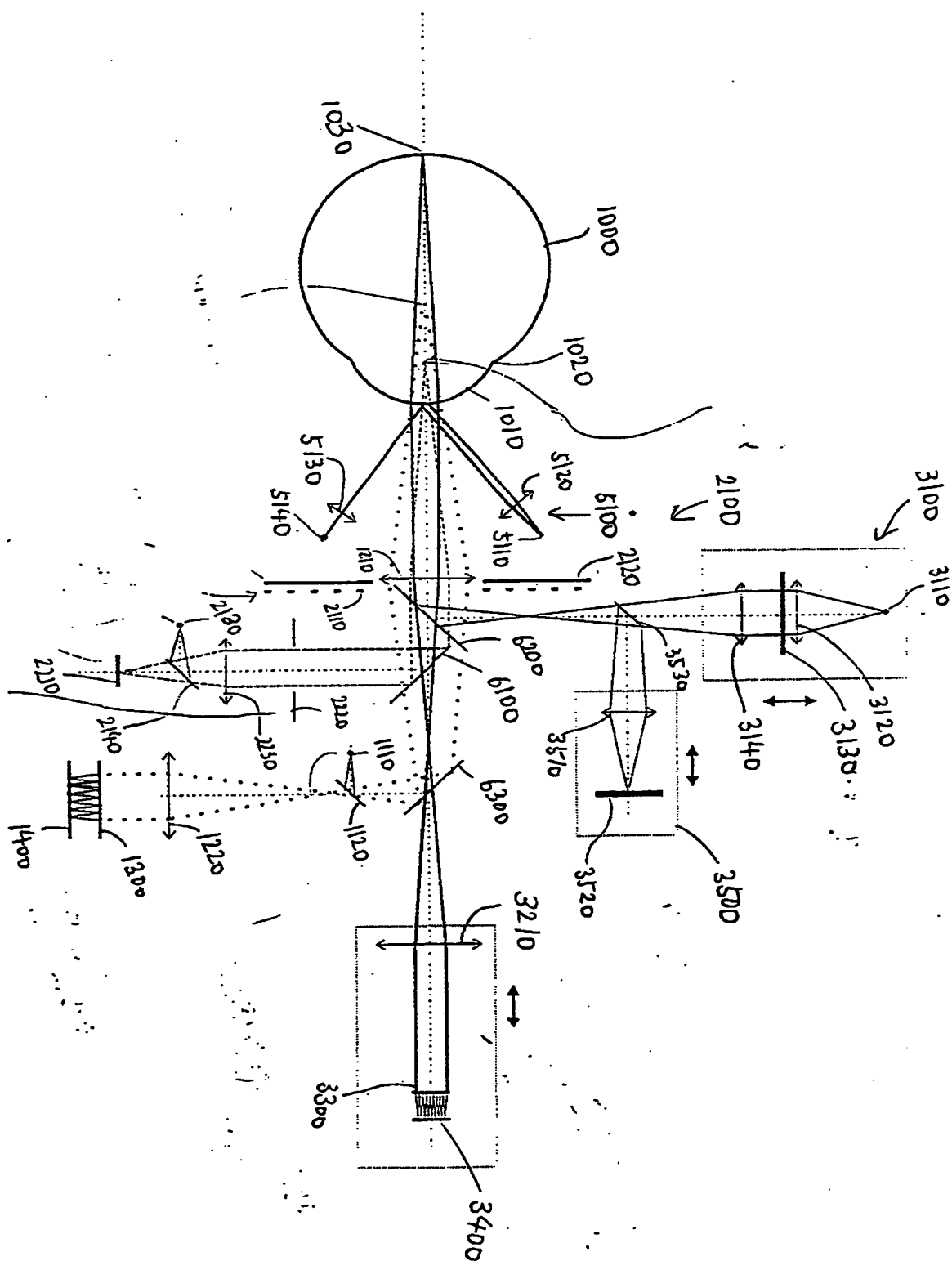




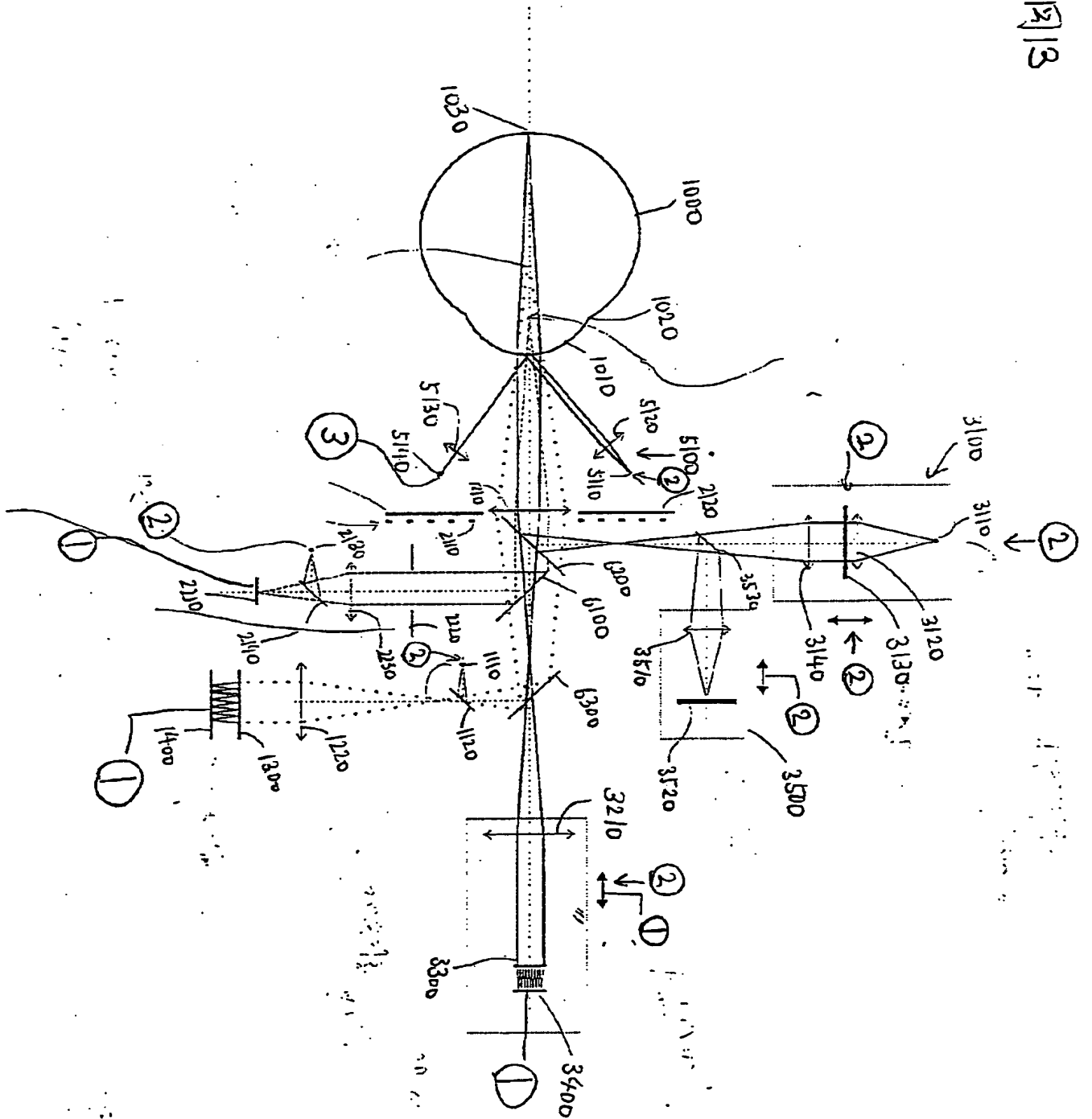
特平 9-327097

【図12】

5/12



【図13】



【書類名】 要約書

【要約】

【目的】 本発明は、被検眼の角膜形状を測定する眼科測定装置に関わり、特に被検眼の角膜形状を広い範囲で、かつ重要な中心付近をより精密に測定できる眼科測定装置を提供することを目的とする。

【構成】 本発明は、第1照明光学系が、第1光源からの第1照明光束で被検眼角膜曲率中心付近に集光する様に照明し、第1受光光学系が、被検眼角膜から反射した第1照明光束を受光し第1受光部に導き、第1変換部材が、反射光束をビームに変換し、第1受光部が、第1変換部材で変換された複数の光束を受光し、第2照明光学系が、第2照明光束で所定のパターンの指標を被検眼角膜に投影し、第2受光光学系が、被検眼角膜で反射された第2照明光束を受光して第2受光部に導き、第2受光部が、第2受光光学系からの第2照明光束を受光し、演算部が、第1受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の中心付近の角膜形状を求め、第2受光部からの第2照明光束の受光位置に基づき被検眼の周辺部の角膜形状を求めることができる。

【選択図】

図1

【書類名】 職権訂正データ  
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】  
【識別番号】 000220343  
【住所又は居所】 東京都板橋区蓮沼町75番1号  
【氏名又は名称】 株式会社トプコン  
【代理人】 申請人  
【識別番号】 100089967  
【住所又は居所】 東京都千代田区神田駿河台1-5-6 コトー駿河  
台513号 和泉特許事務所  
【氏名又は名称】 和泉 雄一

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000220343]

|          |                |
|----------|----------------|
| 1. 変更年月日 | 1990年 8月 8日    |
| [変更理由]   | 新規登録           |
| 住 所      | 東京都板橋区蓮沼町75番1号 |
| 氏 名      | 株式会社トプコン       |